

УДК 539.12.04; 621.378.325;
628.979

Ю. М. Нікіфоров, канд. техн. наук,
Б. П. Ковалюк, канд. фіз.-мат наук,
О. А. Маньовська,
В. С. Мочарський
Тернопільський національний
технічний університет ім. Івана
Пулюя

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВІЛОТЕХНІЧНОЇ ЛАЗЕРНОЇ УСТАНОВКИ З LiF ЗАТВОРОМ

Режим модульованої добротності застосовується в даний час для розв'язування різних практичних задач: оптичної голографії, вимірювальної техніки, нелінійної оптики, технологічної обробки. Одна із них, що знайшла застосування для спрямованого керування властивостями матеріалів [1-3], – генерація лазерних ударних хвиль малої амплітуди. При цьому використовують установки, що працюють в режимі модульованої добротності і генерують імпульси когерентного випромінювання тривалістю порядку $3\div 5 \times 10^{-8}$ с та потужністю $10^8\text{--}10^9$ Вт/см². В даному режимі роботи квантового генератора розрізняють 2 етапи. На першому етапі різко збільшуються енергетичні витрати та зменшується добротність резонатора оптичного випромінювача, що досягається за допомогою затвору. Зменшення добротності призводить до зростання порогової населеності інверсних рівнів для початку генерації. На другому етапі відбувається генерація когерентного випромінювання за дуже короткий час, в результаті чого збільшується його потужність.

Існують різні типи затворів: пасивні та активні. Найбільш ефективним із існуючих пасивних затворів при генерації потужних імпульсів, що застосовується у практиці для неодимових лазерів, є LiF затвор, який дозволяє генерувати короткотривалі імпульси навіть при наявності дефектів.

Багаторічні використання показують, що із появою дефектів в LiF затворах збільшується порогова енергія накачки ламп для генерації моноімпульсу. Однак, при цьому затвор можна застосовувати в установці для проведення лазерної ударно-хвильової обробки, змінюючи умови випромінювання.

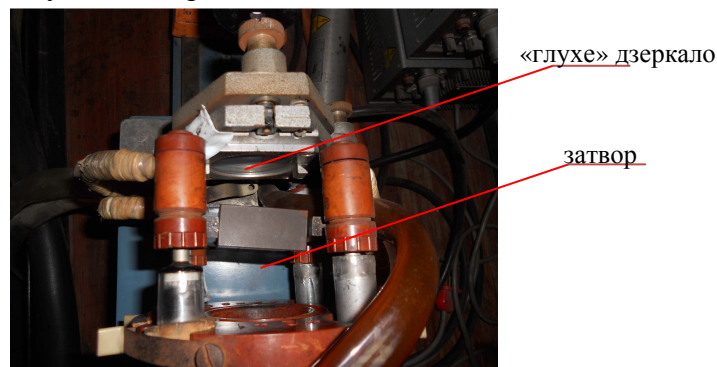


Рис. 1 - Розміщення LiF затвору в резонаторі лазерної установки ГОС-1001

При цьому важливим може бути необов'язково величина генерованої енергії, що визначає тиск лазерної ударної хвилі, а стабільність порога генерації і кількості моноімпульсів (пічків). (Під „пічками” нами розуміється кількість моноімпульсів, що генерується за 1 спалах лампи накачки.)

В даній роботі досліджено вплив орієнтації дефектної області конусоподібної форми LiF затвора відносно дзеркал резонатора лазерної установки ГОС-1001 (рис. 1) на основні характеристики лазерного імпульсу: порогове значення енергії накачки, енергію імпульсу випромінювання, момент ввімкнення добротності.

Дефекти нерівномірно розподілені в об'ємі LiF затвору, при чому максимальна їхня кількість сконцентрована на площі 1,2 % від загальної площі модулятора.

На рисунку 2 представлено блок-схему установки на базі лазера ГОС-1001, призначеної для лазерної ударно-хвильової обробки, що включає: блок індикації параметрів лазерного імпульсу (1), регулятор світлового потоку (2), систему фокусування (3), що спрямовує промінь на об'єкт обробки (4) та юстуючий газовий лазер (5).

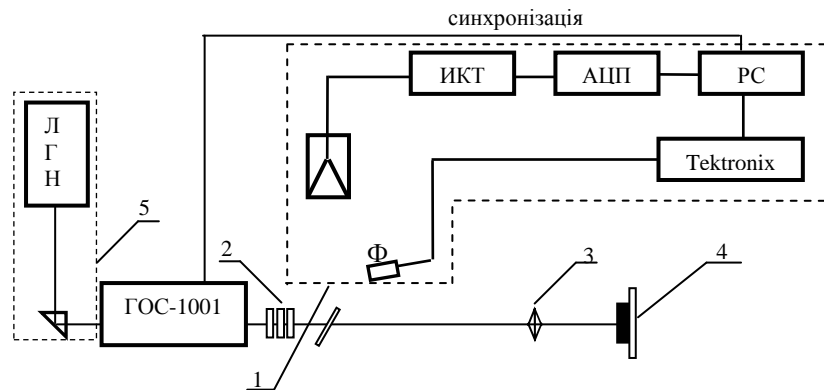


Рис. 2 - Блок-схема лазерної установки

Енергія, що генерується лазером, реєструється вимірювачем калориметричним тепловим ІКТ і через АЦП поступає на персональний комп'ютер для опрацювання. Момент ввімкнення добротності, кількість пічків, що генеруються лазером контролювалося фотодіодом, який був підключений до осцилографа Tektronix і аналогічно опрацьовувався на персональному комп'ютері.

Експерименти проводились декількома серіями для чотирьох різних положень дефектної області модулятора відносно дзеркал резонатора. Результати типового експерименту наведено в таблиці 1.

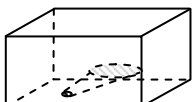
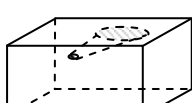
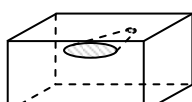
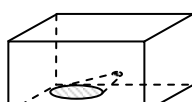
Без затвору, як відомо, лазерна установка ГОС-1001 працює у режимі вільної генерації. Експерименти показали, що можливі такі положення затвору із дефектами, при яких затвор не спрацьовує і спостерігається режим вільної генерації. Це відбувається внаслідок часових змін співвідношення порогової населеності інверсних рівнів та населеності, досягнутої накачкою ламп в експерименті.

При зміні положення затвору відносно дзеркал змінюється енергетична умова генерації лазерних імпульсів і змінюється порогова напруга накачки, енергія лазерного імпульсу та кількість пічків.

Коли максимум дефектної області знаходиться в положенні 3, спостерігається найменш ефективна робота затвору, якщо її розглядати з точки зору стабільності генерації по кількості пічків.

Як видно з таблиці 1, внаслідок зміни положення пошкодженої області спостерігається перехід з однопічкового до двохпічкового та трьохпічкового режиму при різних значеннях напруги накачки лампи.

Таблиця 1.

	Положення дефектної області затвору	U, кВ	E, Дж	пічки
1		2,475	0,75	2
		2,525	2,3	2
		2,425	1,5	2
		2,525	4,6	2
		2,5	5,5	3
2		2,525	5,5	1
		2,625	3,6	1
		2,6	5,5	1
		2,675	5,5	2
3		2,525	6,4	3
		2,5	6,4	2
		2,5	6,4	2
		2,5	6,4	1
4		2,475	3,4	2
		2,5	6,4	2
		2,4	1,5	1
		2,425	3,4	1

В положенні 1 і 2 спостерігається найвища стабільність спрацювання затвору. Так, при зміні напруги накачки в положенні 1 спостерігається збереження двохпічкового режиму, а в положенні 2 – однопічкового.

В положенні 3 і 4 спостерігається нестабільність спрацювання затвору як по кількості пічків, так і по енергії на один пічок. В положенні 3, при одній і тій же напрузі накачки, генерується різна кількість моноімпульсів (від одного до трьох). Подібна картина спостерігається і при положенні 4. Одночасно енергія, яка припадає на один пічок в положенні 4 є помітно більшою, ніж у положенні 3.

Отримані результати можна пояснити неоднорідністю густини потоку випромінювання на різних ділянках резонатора внаслідок дефектності LiF затвору, а також збільшенням втрат на люмінесценцію при генерації моноімпульса в дефектній області затвору. Це впливає на характер розвитку окремих типів коливань, крутизну фронту генерованого імпульсу, інтервал часу між виникненням пічків. Типовий час від початку включення накачки до моменту генерації становить 600-700 мкс, а інтервал часу між сусідніми пічками 80-160 мкс. Момент генерації першого пічка лазерного імпульсу залежить від кількості пічків.

Неповне закриття затвору пов'язане із зміною його коефіцієнта поглинання в області дефектності. Це призводить до того, що при різних положеннях затвору і постійному значенні енергії накачки змінюється кількість моноімпульсів за один спалах лампи накачки, а також момент генерації лазерного моноімпульсу. Генерація лазера залежить від глибини розташування вершини конуса дефектів. Коли вершина конуса знаходиться на більшій відстані від «глухого» дзеркала (положення 3 і 4), тоді маємо однопічкову генерацію з енергією імпульсу 1,5÷3,4 Дж. При ближчому

розташуванні до дзеркала (положення 2) маємо генерацію одно- або двохпікового імпульсу з енергією $1,5 \div 3,6$ Дж.

Отже, поріг генерації залежить не тільки від положення дефектної області відносно дзеркал (на фронтальній чи тильній сторонах затвору), а й відносно центру затвору.

В залежності від механічних, електрофізичних, теплофізичних характеристик матеріалу змінюються енергетичні параметри лазерного імпульсу, що необхідно при лазерній ударно-хвильовій обробці. Тому представлена картина дозволяє обрати найбільш ефективне розміщення LiF затвору з дефектами при розв'язуванні конкретних задач лазерної ударно-хвильової обробки.

Висновки. В роботі проаналізовано можливість використання LiF затворів з дефектами в установках для лазерної ударно-хвильової обробки матеріалів. Проведені експерименти свідчать, що неможливо тільки по енергії накачки ламп однозначно судити про величину енергії лазерного імпульсу та його склад, а також показують можливість змінювати енергію накачки ламп в певних межах, не змінюючи при цьому середню вихідну енергію лазерного імпульсу, вибравши певну орієнтацію дефектної області модулятора відносно дзеркал оптичного випромінювача. Останнє є важливим при розробці режимів лазерної ударно - хвильової технології. Таким чином, зміна властивостей LiF затворів, пов'язаних із введенням дефектів, вказує на можливість керування з їхньою допомогою просторово-часовою структурою лазерного випромінювання.

Література:

1. Laser-shock processing of steel. / Yilbas B.S., Shuja S.Z., Arif A., Gondal M.A. // Journal of Materials Processing Technology 135(2003). - p.p.6-17.
2. Influence of thermal and mechanical surface modifications induced by laser shock processing on the initiation of corrosion pits in 316L stainless steel / Peyre Patrice, Carboni C., Forget P., Beranger G., Lemaitre C., Stuart D. // Journal of material Science.-2007. – V. 42, N16. – p.p. 6866-6877.
3. Ясній П.В. Вплив лазерної ударно-хвильової обробки на ударну в'язкість теплотривких сталей / Ясній П.В., Марущак П.О., Нікіфоров Ю.М., Гладь В.Б., Ковалюк Б.П. // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2010. – № 3. – С. 132-135.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕТЛОТЕХНИЧЕСКОЙ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ С LiF ЗАТВОРОМ

Ю. Н. Никифоров, Б. П. Ковалюк, О.А. Манёвская, В.С. Мочарский

Данная работа посвящена изучению энергетических характеристик светотехнической лазерной установки с LiF затвором. Экспериментально исследовано влияние ориентации дефектной области с LiF затвора на следующие энергетические характеристики: порог генерации, энергия лазерного импульса, количество моноимпульсов. Проанализировано практическое использование LiF затвора с дефектами.

INVESTIGATION OF ENERGETIC CHARACTERISTICS OF LASER LIGHTING TECHNICAL EQUIPMENT WITH LiF MODULATOR

Yu. Nikiforov, B. Kovalyuk, O. Manjovska, V. Mocharskyi

Present work is devoted to the investigation of energetic characteristics of laser lighting technical equipment with LiF modulator. The influence defects orientation in LiF modulator on energetic characteristic, such as energy, threshold of laser pumping, energy of pulse illumination, the moment of Q-switching have been studied experimentally. The possibility to use LiF modulator with defects practically has been analyzed.